

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta**

**Změny půdních vlastností a šíření původních rostlinných
druhů v odvodněných rašeliništích po revitalizaci jejich
vodního režimu**

Bakalářská práce

Magdaléna Vávrová

Školitel: Ing. Tomáš Pícek, Ph.D.

Konzultantka: RNDr. Ivana Bufková, Ph.D.

České Budějovice 2022

Vávrová M. (2022): Změny půdních vlastností a šíření původních rostlinných druhů v odvodněných rašeliništích po revitalizaci jejich vodního režimu [Changes in soil properties and spreading of native plant species in drained peatlands after restoration of their water regime, Bc. Thesis, in Czech] – 29 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace

Tato práce shrnuje dosud popsané poznatky o rašeliništích, jejich odvodňování, těžbě a revitalizaci. Věnuje se také půdním vlastnostem a jejich změnám po odvodnění a revitalizaci rašeliniště, popisuje vliv půdních vlastností na původní rašeliništní vegetaci a její šíření po revitalizaci. Součástí práce je návrh projektu na podporu šíření původních rostlinných druhů na vytěženém rašeliništi po revitalizaci jeho vodního režimu.

Anotation

This Bachelor Thesis summarizes the knowledge about peatlands, their drainage, mining and restoration. It is focused on changes of soil characteristics after peatland drainage and restoration, on the effect of changing soil properties on the native peatland vegetation and its spreading after restoration. The thesis includes a project proposal which aim is to support the spreading of native plant species on the mined bog after restoration of its water regime.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích, dne 12. 4. 2022

Magdaléna Vávrová

Poděkování

Ráda bych poděkovala hlavně svému školiteli Ing.Tomáši Pickovi, Ph.D. za trpělivost, ochotu, vedení práce a předané rady. Také děkuji své rodině a kamarádům za podporu po celou dobu mého studia.

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíle práce	2
3. Literární přehled	2
3. 1. Charakteristika rašelinišť	2
3.1.1. Definice	2
3.1.2. Vývoj	3
3.1.3. Význam	3
3.2. Odvodňování rašelinišť	4
3.3. Revitalizace rašelinišť	5
3.4. Půda	7
3.4.1. Půdní vlastnosti a jejich změny vlivem odvodnění a revitalizace	7
3.5. Vegetace rašelinišť	10
3.5.1. Původní vegetace nenarušených rašelinišť na Šumavě	10
3.5.2. Rašeliník	11
3.5.3. Vliv odvodnění na vegetaci	12
3.5.4. Výskyt a šíření vegetace po revitalizaci	13
3.6. Podpora šíření původních druhů vegetace	15
3.7. Závěry	16
4. Projekt	18
4.1. Cíle projektu	18
4.2. Hypotézy	18
4.3. Návrh experimentu	18
4.4. Popis stanoviště	19
4.4.1. Vlčí Jámy	19

4.5. Provedení experimentů	21
4.6. Časový plán.....	24
4.7. Finanční náklady projektu.....	24
4.8. Očekávané výstupy	25
5. Seznam použité literatury	27

1. Úvod

Rašeliniště jsou velice důležité ekosystémy, a to hlavně díky schopnosti zadržovat vodu a uhlík. Jsou schopná akumulovat velké množství vody, čímž ovlivňují vodní režim krajiny. Zaujímají zhruba 3 % pevniny, ale dokáží zadržet 10 % zásob sladké vody na Zemi (Holden, 2005). Schopnost nasávat vodu má právě rašelíník, může pojmout 10 - 25 x větší hmotnost vody, než je hmotnost jeho sušiny (Čížková et. al, 2017). Vody je v rašeliništích dostatek i v obdobích sucha, tehdy dochází k většímu výparu vody a díky tomu se zároveň ochlazuje okolní krajina a brání se tak jejímu přehřívání. V půdách mokřadů je uložena 1/3 uhlíku z celosvětového zásobníku uhlíku v půdách. Tím, že zadržují tak obrovské množství uhlíku, ovlivňují koncentraci oxidu uhličitého v atmosféře. Dále obohacují krajinu o biodiverzitu. Vzhledem k množství vody a její značné kyselosti není tento biotop vhodný pro většinu organismů, najdeme zde tudíž vzácné a specializované druhy, které v těchto podmínkách dokáží přežít. Díky vysoké hladině podzemní vody zde většinou stromy rostou málo a pomaleji, proto zde mohou přežívat i světlomilné druhy, které jsou jinak vázané na bezlesé prostředí tundry nebo světlé tajgy (Čížková et. al, 2017).

Zejména v posledním století byla rašeliniště využívána intenzivním způsobem především odvodňováním a těžbou, což je pak mění na zdroj uhlíku (Holden, 2005). Odvodňování bylo prováděno kvůli těžbě rašeliny a také kvůli zisku plochy pro pěstování dřeva nebo zemědělských plodin. V dřívějších dobách se mělo za to, že rašeliniště mají negativní vliv na hydrologickou bilanci, z tohoto důvodu se také provádělo jejich odvodňování (Čížková et. al, 2017). Vlivem odvodnění se zastavují rašelinotvorné procesy a dochází k rozkladu rašeliny, tím dochází k sesedání profilu a zmenšování objemu rašeliniště (Čížková et. al, 2017). Nyní již k záměrnému odvodňování rašelinišť na území ČR nedochází, ale na některých místech se rašelina těží dodnes, i když již jen v malé míře. V současnosti se naopak velké plochy vytěžených či odvodněných rašelinišť revitalizují jak v ČR, tak i ve světě. Prvním krokem revitalizace je zvýšení vodní hladiny na úroveň před odvodněním a potom mohou následovat další postupy, které podporují úspěšnost revitalizace, jako je např. vhodný management. Vhodným managementem se potlačí nežádoucí rostlinné druhy, které se rozšířily na rašeliništi po jeho odvodnění, a naopak se podpoří šíření původních žádoucích rostlinných druhů a tím i celkové fungování ekosystému.

Revitalizací vodního režimu rašelinišť se snažíme vytvořit přirozené podmínky pro původní druhy rostlin a podpořit jejich šíření. U vytěžených rašelinišť není možná obnova přirozenou

sukcesí, protože byla vytěžena do velké hloubky. Používá se proto metoda řízené sukcese. Pomocí malých úprav se nastartuje přirozená sukcese. Někdy se používá reintrodukce původních rostlinných druhů z jiných rašelinišť. Na povrch rašeliniště se umisťují rašeliníky, či jiné druhy rostlin (Wieder et. al, 2006). U odvodněných rašelinišť, která byla vytěžena jen z části nebo byla pouze odvodněna se obnova provádí přehrazováním odvodňovacích struh. Odvodňovací kanály se přehradí a částečně zasypou organickým materiálem. Zavodněním dojde k ústupu staré vegetace a pomalu ji nahradí původní vegetace rašelinišť, která přežívá na zbylých vlhčích místech a díky zvýšení vodní hladiny se může šířit dál. Revitalizace je dlouhodobá záležitost, ale díky ní se obnovují základní funkce rašelinišť, jimiž jsou akumulace uhlíku, živin, retence vody v krajině a příznivé ovlivnění místního mikroklimatu.

2. Cíle práce

- 1) Na základě literárních údajů a praktických zkušeností konzultantky kriticky zhodnotit, které půdní vlastnosti se mění po revitalizaci odvodněných rašelinišť a které rostlinné druhy se vyskytují a šíří na těchto plochách
- 2) Z literárních údajů a praktických zkušeností konzultantky odvodit, jaké jsou limitace šíření původních rostlinných druhů na revitalizovaných rašeliništích obecně a jak toto souvisí s vlastnostmi půdy a změnami některých půdních parametrů
- 3) Navrhnout projekt, jehož cílem bude zjistit: (i) jaké jsou limitace šíření původních vybraných rostlinných druhů na konkrétní lokalitě zahrnuté v projektu Life for Mires a (ii) navrhnout opatření (např. dosazování původních druhů, narušení půdního povrchu, mulčování atd.), která podpoří šíření těchto druhů.

3. Literární přehled

3. 1. Charakteristika rašelinišť

3.1.1. Definice

Rašeliniště jsou unikátní biotopy se specifickou faunou a flórou. Převažuje zde primární produkce nad dekompozicí biomasy a typická je vysoká hladina podzemní vody. S nízkou

dekompozicí biomasy dochází k hromadění odumřelé organické hmoty, která se v anaerobním prostředí přeměňuje v rašelinu neboli humolit. V česku je za rašeliště považováno ložisko s mocností humolitu víc než půl metru (Čížková et. al, 2017). Pro většinu rostlin je tento ekosystém, s nedostatkem kyslíku a nízkou koncentrací dusíku a fosforu, nehostinným prostředím. Rašeliště mají nízké pH, proto na rašelištích dominují mechorosty, které tolerují nízké hodnoty pH. Převládají zde především rašeliníky, které mají těžko rozložitelný opad, který se v rašelištním prostředí spíše akumuluje, než rozkládá, a tím spoluvytváří mohutnou vrstvu rašeliny. Tyto podmínky jsou naopak nevhodné pro růst dřevin, vyskytuje se zde tudíž více vzácných světlomilných druhů tolerujících vysokou hladinu vody.

3.1.2. Vývoj

Většina rašelišť se vyvinula na vývěrech podzemní vody zhruba před 10-15 tisíci lety na počátku nejmladšího období čtvrtohor, holocénu. Zpočátku se vyvíjela jako slatiniště, v průběhu holocénu se vlivem kolísajících klimatických podmínek přeměnila část slatinišť na vrchoviště. Klimatické výkyvy ovlivňují střídání slatinných a vrchovištních fází a rychlost tvorby humolitu. Mohou se vyvíjet dvěma způsoby. Zazemňováním, to znamená postupné zarůstání menších vodních plošek vegetací a hromadění organického materiálu. Rašelina se pak akumuluje nad vrstvou jezerních sedimentů. Nebo zrašeliněním, což je akumulace rašeliny na již zamokřeném povrchu (Čížková et. al, 2017).

3.1.3. Význam

Rašeliště jsou takovým ostrovním biotopem. Vyskytují se zde specializované druhy rostlin, které jsou schopné přežívat právě jen na rašelištích. Tyto rostliny tolerují oproti jiným vysokou hladinu podzemní vody a nízké pH. Často jsou zde reliktní organismy typické pro jiné biomy. Na bezlesých stanovištích se vyskytují druhy rostlin a živočichů, které u nás žily v pozdní době ledové (Čížková et. al, 2017). V rašelině se uchovávají pylová zrna a zbytky rostlin, což poskytuje důležité informace pro výzkumy daleké minulosti. Další významnou vlastností je retence vody. Rašeliník dokáže pojmout 10 – 25x větší hmotnost vody, než je hmotnost jeho sušiny (Andrus, 1986). Tuto schopnost má pouze vrchní vrstva rašeliníků, hlavní retenční kapacitu představuje svrchní půdní horizont akrotelm. Důležitý je také vliv na klima. Když je sucho dochází k většímu výparu vody z rašeliště, ale výparem se zároveň ochlazuje okolní krajina a brání se tak jejímu přehřívání. V rašelištích je uložena asi 1/3

veškerého půdního uhlíku celosvětově, brání tak zvyšování koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře a zhoršování klimatických změn (Čížková et. al, 2017). Tyto důvody jsou dostatečné pro ochranu rašelinišť. Proto jsou rašeliniště chráněna Ramsarskou úmluvou o ochraně mokřadů světového významu.

Existuje mnoho různých klasifikačních systémů, podle kterých se rašeliniště rozdělují do skupin. Mnoho z nich ale do skupin nezapadá, jelikož jsou přechodovými typy. Jedním z nich jsou např. rašelinné lesy, které vznikají sukcesí jiných rašelinišť. Tím nejzákladnějším rozdělením je rozdělení podle zdroje vody, kterým je rašeliniště syceno. A to na:

- 1) **Minerotrofní** neboli slatiniště a přechodová rašeliniště, která jsou sycena srážkovou, podzemní, ale i povrchovou vodou (Čížková et. al, 2017). Jsou nejčastějším typem a většinou se pod ně řadí i rašelinné lesy. Jejich pH bývá právě díky zdrojům sycení vyšší než 4,5, jsou tudíž často minerálně bohatší. Podle obsahu vápníku se pak dělí ještě na vápnná a nevápná. S tím souvisí i druhová skladba vegetace. Slatiniště mají podobu podmačených luk s porosty ostřic a rašeliníků, někdy také suchopýrů a přesliček (Spitzer, 2008).
- 2) **Ombrotrofní** neboli vrchoviště, která jsou sycena jen srážkovou vodou, najdeme je tudíž ve srážkově bohatých oblastech, především na plochých pohraničních částech (Čížková et. al, 2017). Mají nižší pH než slatiniště, díky tomu zde převládají rašeliníky, vřesy a suchopýry. Dále se mohou dělit na vrchoviště údolní a horská. Právě horská vrchoviště mají ze všech rašelinišť nejzajímavější strukturu povrchu. Jsou zde kopečky vedle plochých trávníků, mělké prohlubně naplněné vodou a jezírka, která mají různé tvary. Vznikají zarůstáním mělkých jezírek, větší rašeliniště potom spojením několika takovýchto zarůstajících jezírek. Další možností vzniku vrchoviště je paludifikace, kdy dojde ke tvorbě rašeliny v blízkosti prameniště. V údolích vodních toků vznikala rašeliniště terestrializací (Spitzer, 2008).

3.2. Odvodňování rašelinišť

Rašeliniště byla v minulosti odvodňována kvůli těžbě rašeliny, zemědělství, nebo lesnictví. Před použitím rašeliniště k takovýmto účelům se z povrchu rašeliniště odstraní vegetace a vybudují se odvodňovací kanály, které z rašeliniště odvedou vodu. Rašelina pomalu vyschne a díky nepřítomnosti vody celé ložisko sesedne. Těžba rašeliny započala v ČR již na počátku 19. století, a to pouze ručně takzvaným borkováním (Spitzer, 2008). Ruční způsob těžby nebyl

pro rašeliniště až tak fatální, jelikož se odtěžovaly pouze malé bloky spíše při povrchu a často se nepodařilo odvodnit celé rašeliniště, ale pouze část. Také proto, že odvodňovací kanály nebyly tak hluboké, časem se někde i samy zazemnily. Rašelinu takto těžili většinou místní lidé a používali ji jako palivo. Průmyslová těžba začala až v polovině 20. století. Následně v 70. a 80. letech 20. století docházelo k přeměně rašelinišť, hlavně odvodněním, pro zemědělskou a lesnickou činnost. Byly budovány hlubší kanály, které dosahovaly až na minerální podloží. V níže položených oblastech mohou být rýhy kombinovány s drenážním systémem trubek. Hůře dostupná rašeliniště byla odvodňována vystřelováním kanálů výbušninami (Čížková et. al, 2017). Nejedná se pouze o odvodnění samotného rašeliniště, ale i odvodnění bezprostředního okolí rašelinišť. V důsledku intenzivního hospodaření docházelo ke splachu velkého množství živin z hnojených pozemků v okolí rašelinišť, což způsobilo jejich eutrofizaci. Rašeliniště jsou přirozeně na živiny chudé biotopy, nadbytek živin způsobuje zarůstání nepůvodní vegetací, hlavně dřevinami, travinami a obecně vysokými rostlinami. Degradace rašelinišť je při kombinaci eutrofizace a odvodnění ještě větší (Spitzer, 2008).

V důsledku odvodnění dochází ke snížení hladiny podzemní vody, což je pro rašeliniště zásadní. Z destabilizovaného biotopu poté v důsledku změn půdních vlastností mizí původní druhy a společenstva a je ochuzováno o biodiverzitu (Spitzer, 2008). Na vysušených rašeliništích dochází k rychlým sukcesním změnám. Ustupují původní světlomilné a vysokou hladinu vody tolerující druhy jako jsou rašeliníky, suchopýry nebo nízké ostřice. Šíří se druhy naopak preferující nízkou hladinu vody. Při rozkladu rašeliny dochází k uvolňování živin, což urychluje růst nepůvodních druhů (Čížková et. al, 2017).

3.3. Revitalizace rašelinišť

Revitalizací se snažíme degradovaný ekosystém co nejvíce přiblížit jeho původnímu stavu před narušením. V posledních třech desetiletích je snaha napravit škody minulých let – zastavit degradaci a obnovit vodní režim. Cílem revitalizace vodního režimu je zvýšení hladiny podzemní vody, zastavení další degradace a snížení odtoku vody z rašeliniště. Revitalizační opatření nejsou zaměřena jen na odvodněné mokřady, ale i na celkovou nápravu narušeného vodního režimu v krajině. Revitalizují se proto někdy i celá povodí, od pramene až po dolní část toku. Snahou je obnovit podmínky, které by na lokalitách existovaly, pokud by odvodnění nebylo provedeno. Jsou to jednorázové zásahy, jejichž cílem je nastartování přirozeného

procesu obnovy, po jejich provedení jsou rašeliniště ponechána samovolnému vývoji (Spitzer, 2008). Vznikají různé projekty na obnovu rašelinišť a mokřadů. Jedním z nich je projekt LIFE for MIREs („Přeshraniční revitalizace rašelinišť na podporu biodiverzity a vodního režimu na Šumavě a v Bavorském lese“), který je realizován Národním parkem Šumava na šumavských rašeliništích.

U těžených rašelinišť nedochází ke spontánní obnově, a pokud ano, trvala by velmi dlouho. Přistupuje se proto k revitalizačním zásahům, které mají za cíl nastartovat obnovu. Na odvodněném rašeliništi je třeba zvýšit hladinu podzemní vody, zabránit jejímu dalšímu kolísání a odtoku. Proto je prvním krokem při revitalizaci rašeliniště zrušení starých odvodňovacích kanálů a zároveň obnova vodního režimu v okolí rašelinišť, je-li rašeliniště napájeno z okolních zdrojů (Wieder et. al, 2006). Hladina podzemní vody je podle konceptu (Bufková et. al, 2010) vrácena na úroveň, která odpovídá přirozenému stavu před odvodněním. Výška hladiny je pro každé rašeliniště, respektive pro typ rašeliniště, jiná. Před samotnou revitalizací se musí tato hladina spočítat. Na vrchovištích bývá hladina podzemní vody výš, než třeba u podmáčených luk nebo přechodových rašelinišť (Bufková et. al, 2010). Odvodňovací rýhy jsou blokovány hrázkami a z větší části zasypány přírodním materiálem, jako je zemina a větve. Dále je podporováno jejich zarůstání vegetací, což je podpořeno přidáváním trsů rašeliníku. Zrušením odvodňovacích kanálů se obnoví i původní pohyb vody v rašeliništi. Je zrušen soustředěný odtok vody kanály a voda se volně distribuuje v prostoru rašeliniště (Wieder et. al, 2006). Na velkých a ve velké míře vytěžených rašeliništích se mimo přehrazování odvodňovacích kanálů hloubí ještě mělká jezírka (Grosvernier et. al, 1995). Jezírka podporují biodiverzitu na rašeliništích, jelikož mnoho rostlin a druhů se vyskytuje pouze v rašelinných jezírkách (Wieder et. al, 2006). Pro podporu opětovného rozšíření vegetace se odstraňují náletové dřeviny a holá rašelina se pokrývá mulčem, který chrání půdu před dalším vysoušením. Na takto připravenou půdu je poté možné dosazovat původní rostliny (Grootjans et. al, 2012).

Postupem času by nově nastartovaná sukcese měla vést zpět k ekosystému akumulujícímu rašelinu. Po revitalizaci nebude rašeliniště stejné jako před jeho odvodněním. Revitalizačními zásahy se zde vyvinuly nové podmínky jak v půdě, tak ve vegetaci. Jedná se tedy o nové prostředí s novými vlastnostmi, jinými, než mělo původní rašeliniště (Wieder et. al, 2006). Po revitalizaci je také nutné stanovení péče o lokality a jejich okolí pro udržení jejich funkcí. Tím je myšleno například omezení intenzivní pastvy a zemědělství v okolí rašelinišť, aby bylo

zabráněno případnému splachu živin. Luční rašeliniště se musí udržovat ručním kosením (Spitzer, 2008).

3.4. Půda

Na rašeliništích se nachází specifický půdní typ Histosol. Rašelina je nahromaděný organický materiál z odumřelé organické hmoty v různém stupni rozkladu, především části mokřadních (rašeliništních) rostlin, které se za nepřístupu vzduchu, nedostatku živin a nízkého pH rozkládají velice pomalu. Podle typu převládající odumřelé biomasy se dělí na: rašeliníkovou, rákosovou, ostricovou nebo také na dřevitou. Ty se potom liší svými chemickými a hydrologickými vlastnostmi (Rydin & Jeglum, 2006). Na rašeliništích, zejména na vrchovištích se rozlišují dva hlavní půdní horizonty: AKROTELM a KATOTELM (Čížková et. al, 2017). Akrotelm je svrchní vrstva rašeliniště, s proměnlivým obsahem vody. Na nenarušených vrchovištích tvoří asi 3-10 % z celkového objemu rašeliniště. Je nazýván aktivní, protože v této vrstvě je soustředěna biologická aktivita (Rydin & Jeglum, 2006). I přes celkový nízký obsah kyslíku a redukční podmínky v rašelině je ve svrchní vrstvě lepší provzdušnění než ve spodní vrstvě. Dalším parametrem je pórovitost, která vyjadřuje obsah pórů v půdě. Pokud je rašelina odvodněna, obsah pórů je nízký. Hydraulická vodivost vyjadřuje schopnost půdy propouštět vodu. Schopnost propouštět vodu je na povrchu vysoká a směrem od povrchu se poté snižuje. Akrotelm také zachycuje a zadržuje srážkové vody. Katotelm je spodní vrstva rašeliniště, je nazýván neaktivním, protože zde probíhá jen velmi malá biologická aktivita. Je kompaktnější, trvale nasycen vodou, a má nízkou hydraulickou vodivost srovnatelnou s jílem (Čížková et. al, 2017).

3.4.1. Půdní vlastnosti a jejich změny vlivem odvodnění a revitalizace

Půda na rašeliništích se vlivem odvodnění a následné těžby rašeliny mění, některé změny mohou být nevratné. Po odvodnění při započetí těžby se obvykle odstraní svrchní vrstva (akrotelm) a tím se obnaží spodní vrstva (katotelm), jejíž vlastnosti se začnou velice rychle měnit. Dále probíhá intenzivní oxidace organické hmoty. Rašelina se začne sesedat a zhutňovat, zvyšuje se objemová hmotnost a zmenšuje se velikost pórů a půdní vlhkost, tím je snížena schopnost rašeliny zadržovat vodu a dostupnost vody pro rostliny začne být omezená. Dále se může snížit pH a zvýší se emise oxidu uhličitého (Zajac et. al, 2018). U těžených rašelinišť může hladina podzemní vody klesnout až pod vrstvu rašeliny, na minerální horizont.

Nedostatek vody, zvýšená dostupnost živin (hlavně zvýšení koncentrace dusičnanů), zvýšená provzdušněnost půdy způsobená vysycháním nebo naopak sesedání substrátu a další důsledky odvodnění jsou pro rašeliníšní rostliny nepříznivé, zvláště pak pro rašeliník, který je důležitý pro tvorbu rašeliny (Wieder et. al, 2006). Přeměna rašeliny po odvodnění je nejvíce znatelná ve svrchní vrstvě, která je zároveň nejdůležitější pro uchycení a růst rašeliníků a dalších rostlin (Zajac et. al, 2018).

Cílem revitalizace je obnova vodního režimu, čímž dojde k opětovnému zaplavení půdy. Dochází ke snížení provzdušněnosti půdy a snížení mineralizace dusíku. Obnovou vodního režimu se také prokazatelně zvýší koncentrace rozpuštěného organického uhlíku a klesne produkce oxidu uhličitého. Naopak se zvýší produkce metanu vlivem opětovného výskytu metanogenních organismů (Urbanová et. al, 2010). Dále se snižuje objemová hmotnost a zvyšuje se velikost pórů, rašelina opět získá schopnost zadržovat vodu a umožňuje růst původních rostlin (Wieder et. al, 2006).

3.4.1.1. Objemová hmotnost

Objemová hmotnost je hmotnost suché rašeliny v přirozeném stavu přepočtená na objem. Pomocí tohoto parametru můžeme zjistit, jak je rašelina rozložená, s tím se váže i obsah pórů v rašelině a schopnost zadržení vody (Life for Mires, 2021). Nenarušená rašelina má hodně větších pórů a zadržuje velké množství vody, voda se do ní lépe zasakuje. Skládá se z nerozložených nebo jen částečně rozložených organických zbytků, její objemová hmotnost je tedy nižší než u narušené rašeliny (Rydin & Jeglum, 2006). S přístupem vzduchu dochází k rychlému rozkladu rašeliny, čímž dochází k jejímu sesedání a ztrátě pórovitosti a schopnosti poutat vodu, její objemová hmotnost se tudíž zvyšuje. Přirozeně se v rašelině příliš kyslíku nevyskytuje. Difúze kyslíku je v rašelině několikanásobně pomalejší než v jiných typech půdy kvůli trvale vysoké hladině vody. Kvůli anoxickým podmínkám je velmi snížena mikrobiální aktivita a tím i rozklad organické hmoty (Weil & Brady, 2001). Dostupnost kyslíku v rašelině je limitována obsahem vody a přítomností pórů. Pórovitost se snižuje při zhutnění rašeliny vlivem odvodnění, to znamená s rostoucí objemovou hmotností. Kromě toho, vlivem odvodnění se snižuje počet velkých pórů a z větších pórů se stávají postupně menší (Rydin & Jeglum, 2006). Pokud hladina podzemní vody klesá snižuje se i dostupnost pro rostliny důležitých živin, které jsou rozpuštěné v půdním roztoku (Rydin & Jeglum, 2006).

Z výsledků monitoringu v Národním parku Šumava vyplývá, že dlouhodobé odvodnění má výrazný negativní vliv na tuto fyzikální vlastnost. Nejvyšší je objemová hmotnost ve střední vrstvě rašeliny (v hloubce cca 10 až 30 cm), hlubší vrstvy (pod 30 cm) jsou ovlivněny pouze na intenzivně těžených rašeliništích. Na základě měření objemové hmotnosti je možné určit do jaké míry je rašeliniště poškozeno a podle změn půdních vlastností, vegetace apod. se následně může stanovit, jak bude probíhat jeho obnova (Life for Mires, 2021).

3.4.1.2. Vlhkost

Vysoký obsah vody v rašelině je nejdůležitějším parametrem pro existenci rašeliniště. Odvodnění vede k rozkolísání hladiny podzemní vody a provzdušnění svrchní vrstvy rašeliny. Dlouhodobě vysušená rašelina ztrácí schopnost absorbovat vodu, po odvodnění pak dochází při revitalizaci k postupnému zavodňování, ale přívalové deště mohou způsobit odplavení horní rozložené vrstvy (Rydin & Jeglum, 2006). S poklesem hladiny vody a změnou živinového režimu dochází ke změnám ve vegetaci. Horní vysušená vrstva rašeliny brání klíčení rostlin atd. (viz kapitola 3.5.4. o šíření vegetace). Revitalizace vodního režimu je založena na konceptu cílové hladiny vody. Hladina podzemní vody je vrácena na původní úroveň, jež byla na rašeliništi před jeho odvodněním. Každý typ rašeliniště má jinou cílovou hladinu. Hladina podzemní vody je měřena ručně nebo kontinuálně pomocí datalogerů s čidlem např. piezometrem (Bufková et. al, 2010).

3.4.1.3. pH

Hodnota pH nám může napovědět mnohé o narušenosti rašeliniště. Přirozeně mají rašeliniště (mimo rašelinišť se zásaditým horninovým podložím) nízké pH, které se pohybuje mezi 3,5 – 5,5 (Spitzer, 2008). Kyselost je na rašeliništích udržována pomocí rašeliníků, které mají v buněčných stěnách karboxylové kyseliny, jež fungují jako slabé kyseliny (Hájek & Hájek, 2018). Vlivem odvodnění rašeliniště se pH snižuje řádově o 0,5 až 1. Snížení pH může snížit rychlost některých mikrobiálních procesů, například metanogeneze nebo nitrifikace. pH ovlivňuje rozpustnost a příjem živin pro rostliny. Slabě kyselé až neutrální pH zajišťuje dobrou rozpustnost potřebných živin. Naopak kyselé hodnoty zvyšují rozpustnost kovů, kdy může docházet až k jejich toxickému působení, v alkalickém prostředí se jejich rozpustnost snižuje (Urbanová et. al, 2010). pH ovlivňuje i vegetační kryt: na rašeliništích rostou rostliny preferující nebo tolerující nízké hodnoty pH, jeho zvýšení zapříčiní ústup rašeliništních rostlin, jejichž místo obsadí nepůvodní druhy preferující vyšší pH.

3.4.1.4. Dostupnost živin

V odvodněném rašeliništi dochází k provzdušnění půdy a k oxidačním procesům, které následně vedou k vyplavování živin, jako jsou fosfor a dusík. Oxidací ale dochází i k imobilizaci některých živin a sloučenin, například manganu, dvoumocného železa, nebo sirovodíku (Rydin & Jeglum, 2006). Fosfor se při nízkém pH, které na rašeliništích panuje, sorbuje na hydroxidy hliníku nebo železa, část je také zabudována do organické hmoty. Po odvodnění, za přístupu vzduchu, se fosfor mobilizuje a dochází k jeho vyplavování. Koncentrace fosforu se ale obvykle před a po revitalizaci příliš neliší (Urbanová et. al, 2010). Změny půdních vlastností ovlivňují vegetaci. Vlivem odvodnění se dostupnost živin postupně zvyšuje. Takové přesycení živinami rašeliništním rostlinám preferujícím nízké koncentrace živin nevyhovuje. Naopak jiné druhy rostlin vyšší dostupnosti živin využijí a postupně obsadí prostor narušeného rašeliniště. Změna struktury vegetace způsobuje, že odvodněním narušené rašeliniště se může stát ze zásobárny uhlíku naopak jeho zdrojem (Urbanová et. al, 2010).

Revitalizací se sníží dostupnost dusičnanů pro rostliny, což způsobí ústup nepůvodních druhů a umožní výskyt původních rostlin preferujících nízké koncentrace dusičnanů. Obsah dusičnanů klesá ihned, zatímco ústup nepůvodních druhů probíhá pomaleji. Mineralizace dusíku, která probíhala po odvodnění, po revitalizaci klesá mírně. Fosfor se často sorbuje na hydroxidy železa nebo hliníku a je tak pro rostliny dočasně imobilizován, při revitalizaci se může uvolnit, ale většinou se jeho dostupnost nemění (Urbanová et. al, 2010). Po revitalizaci vodního režimu lze obecně očekávat vyplavování živin, zejména dusíku a fosforu, avšak vyplavování by nemělo být vyšší než před revitalizací.

3.5. Vegetace rašelinišť

3.5.1. Původní vegetace nenarušených rašelinišť na Šumavě

Šumava je hlavně díky svému členitému reliéfu ideálním místem pro rašeliniště. Střídají se zde mělké pánve, sedla a mírné svahy, náhorní roviny, široká mělká údolí Vltavy a dalších potoků. Dále je zde chladné a vlhké podnebí, množství pramenišť a málo propustný horninový podklad ideální pro vznik rašelinišť (Spitzer, 2008). Šumavská rašeliniště vznikala nejčastěji na mělkých pánevích jezírkách, která zarůstala rákosou a ostricemi. Odumřelé zbytky těchto rostlin najdeme na rašeliništích dodnes. Právě z nich vznikl rašelinný typ ostricorákosové slatiny, který je nyní nejspodnější vrstvou rašeliny. Na tvorbě rašeliny se mimo jiné podílel

suchopýr pochvatý a blatnice bahenní, (Spitzer, 2008) později rašeliník (rašeliníková rašelina). Rašeliník nejrychleji přirůstal ve středu jezírka, kde bylo nejvíce vody. Střed jezírka byl tedy později vyšší než okraje, kde rašeliník nerostl tak rychle. Mezi vegetací náhorních a údolních vrchovišť najdeme malé rozdíly. Vegetace údolních vrchovišť je jednotvárnější, a to hlavně kvůli nižší členitosti povrchu. Rašeliníšní vegetaci na Šumavě můžeme rozdělit do dvou druhů: ostřicová společenstva s mechy, které osidlují slatiniště a společenstva s převahou keřů osidlující vrchoviště (Spitzer, 2008).

Vývoj šumavské květeny ovlivnily druhy rostlin pocházející z různých oblastí. Jsou zde druhy typicky alpské - suchopýrek alpský (*Trichophorum alpinum*), subatlantské - rosnatka anglická (*Drosera anglica*), boreomontánní - blatnice bahenní (*Scheuchzeria palustris*) a subkontinentální - rojovník bahenní (*Rhododendron tomentosum*). Hlavními rostlinami na rašeliníštích jsou rašeliníky, které jsou velice dobře přizpůsobeny podmínkám panujícím na tomto stanovišti. Důležitá je jejich schopnost dorůstání. Neustálým růstem horní části, a naopak odumíráním spodní části tvoří vrstvu rašeliny. Rašeliníště porůstají v hustých polštářích, které jsou jako houba nasáklé vodou díky hyalocystám. Na údolních vrchovištích je častý vřes obecný (*Calluna vulgaris*) (Spitzer, 2008). Vrchoviště bývají porostlá lesní vegetací borovice blatky (*Pinus rotundata*), ta někdy tvoří i rozvolněné porosty ve středové části spolu s borovicí rašelinnou (*Pinus pseudopumilio*). V nízkém porostu se také vyskytuje bříza trpasličí (*Betula nana*) a keřičky z čeledi vřesovcovitých. Z bylinného patra jsou zde typické glaciální relikty blatnice bahenní (*Scheuchzeria palustris*) a ostřice mokřadní (*Carex limosa*), dále běžné druhy jako ostřice zobánkatá (*Carex rostrata*), vložyně bahenní (*Vaccinium uliginosum*) a vzácné druhy jako vachta trojlístá (*Menyanthes trifoliata*), klikva bahenní (*Vaccinium oxycoccos*) a kyhanka sivolístá (*Andromeda polifolia*). Vyskytují se zde i masožravé rostliny, které jsou dobře přizpůsobivé nedostatku živin. Z masožravek jsou zde rosnatky, častá je rosnatka okrouhlolistá (*Drosera rotundifolia*), vzácnější potom rosnatka anglická (*Drosera anglica*).

3.5.2. Rašeliník

Rašeliníky jsou hlavními tvůrci životního prostředí rašeliníště, jsou přizpůsobeny kyselým, chladným, podmačeným a na živiny extrémně chudým prostředím. Na rašeliníštích jsou úspěšní, protože sami své okolí okyselují a udržují vlhké a na rozdíl od jiných rašeliníštních rostlin jsou schopni velmi dobře tolerovat nízké koncentrace živin (Rydin & Jeglum, 2006).

Prostředí okyselují uvolňováním vodíkových iontů. Jako iontoměniče fungují polymerní sloučeniny buněčných stěn živých rašeliníků, například kyselina sphagnová. Takto okyselené prostředí bez přístupu vzduchu snižuje dostupnost živin a rozklad organických látek (Kučerová & Pokorný, 1999). Vyhýbají se zásaditým vodám a půdám, vápník jim v podobě solí vápníku dokonce škodí. Přesto mohou růst i tam, kde je matečnou horninou dolomit nebo vápenec, ovšem jen omezeně a pouze na místech pokrytých silnou vrstvou kyselého humusu (Spitzer, 2008). Pokud mají rašeliníky dostatek vláhy a slunečního záření, poměrně rychle tvoří rozsáhlé koberce. Ročně přiroste až 12 cm rašeliníku, což ovlivňuje růst ostatních rostlin na rašeliništích. Ty se musí vypořádat s nedostatkem živin a také se snaží růst rychleji než rašeliník. Ostatní rostliny se proto snaží růst spíše do výšky než jako rašeliník do šířky (Kučerová & Pokorný, 1999).

Rašeliníky jsou tvořeny dlouhými výhonky, které ve spodní části odumírají a tvoří rašelinu. Rašeliniště v sobě dokáží akumulovat velké množství uhlíku v podobě odumřelé rostlinné biomasy - rašeliníku (Rydin & Jeglum, 2006). Rašeliníků je zhruba 250 druhů. Existují druhy, které preferují plné osvětlení, a naopak jiné polostín (Spitzer, 2008). Fotosyntéza je omezena pouze na vrchní části rašeliníku, spodní části jsou ponořené ve vodě a zastíněné vrchními částmi rostliny. Listy rašeliníků jsou tenké, a tak je každá buňka v přímém kontaktu s vodou. List má mimo chlorofylových buněk sloužících k fotosyntéze ještě hyalocysty, které slouží k zadržování vody. Voda se do rašeliníku může dostat několika způsoby – ponořením rostliny do vody, vztlínáním z vlhkého podloží, nebo vstřebáváním vlhkosti z deště či rosy (Spitzer, 2008). Rašeliníky jsou schopny v hyalocystech uskladnit řádově více vody, než samy váží. Vodu snadněji přijímají, než vydávají, tím se voda na rašeliništi zadržuje (Rydin & Jeglum, 2006). Do hyalocystů spolu s vodou pronikají také rozpuštěné živiny, ty pak pronikají do sousedních živých chlorocystů. Rašeliník na rašeliništi sice pokrývá značnou část půdy, ale zbývá zde prostor i pro jiné rostliny, jako jsou například ostřice a malé keříčkovité rostliny, se kterými úzce interaguje. Konkurence probíhá i mezi samotnými rašeliníky, těch totiž může být v okruhu 2 cm až 5 druhů (Rydin & Jeglum, 2006).

3.5.3. Vliv odvodnění na vegetaci

Vlivem odvodnění a s tím související následné těžby se na rašeliništi zásadně změní podmínky pro růst původních rašeliništních rostlin. Dochází ke zvýšení mikrobiální aktivity a rozkladných procesů. Zvyšuje se dekompozice rašeliny a uvolňují se živiny. Zásadní je hladina

podzemní vody, která je po odvodnění velmi nízká. Prostředí s nedostatkem vody, změnami v půdních procesech a změnami v živinovém režimu je tudíž pro původní rostliny nepříznivé, jak z hlediska klíčení, tak růstu. Na obnažené rašelině probíhá velice pomalá sukcese. Uchycují se zde pouze druhy přizpůsobené suchu, což jsou především vřesy, které vytváří rozsáhlá vřesoviště. Často původním rostlinám v jejich růstu brání zástin již vzrostlými stromy. Dochází k ústupu světlomilných druhů s preferencí vysoké hladiny spodní vody. Jsou to například rašeliníky, suchopýry, nízké ostřice, kyhanka sivolistá (*Andromeda polifolia*), klikva bahenní (*Vaccinium oxycoccos*), rosnatka anglická (*Drosera anglica*), tučnice obecná (*Pinguicula vulgaris*). Šíří se naopak druhy preferující nízkou hladinu vody, typickým indikátorem odvodnění je bezkolenec modrý (*Molinia caerulea*), tolerující kolísání hladiny vody (Kučerová et. al, 2008). Odvodnění celkově urychluje sukcesi dřevin, vznikají zde březové, smrkové a borovicové porosty. Prvním kolonizátorem prostoru po odvodnění je bříza, ta je schopna kolonizovat holou rašelinu (Lanta et. al, 2004). Bříza má podle studie (Campbel & Rochefort, 2003) nejvyšší růstovou rychlost a jejím semenům nevádí sucho ani propadání do nižších vrstev půdy. Dále se objevují semenáčky borovice lesní (*Pinus silvestris*), která postupně vytlačuje borovici blatku (*Pinus rotundata*). Na odvodněné rašelině se dobře daří smrku, který je ale na okrajích rašelinišť původní, tvoří zde okrajové podmáčené smrčiny (Spitzer, 2008). Dalšími druhy obsazujícími odvodněné rašeliniště jsou bříza pýřitá (*Betula pubescens*) a jeřáb obecný (*Sorbus aucuparia*). Z keřů je to krušina olšová (*Rhamnus frangula*) nebo vrba popelavá (*Salix cinerea*), někdy také borůvka nebo brusinka. Z bylin převládají ostřice a suchopýr (Spitzer, 2008). Pokud by odvodněné rašeliniště nebylo revitalizováno, postupně by se z něj stal rozvolněný les.

3.5.4. Výskyt a šíření vegetace po revitalizaci

Původní vegetace rašelinišť se začne šířit až po zvýšení hladiny podzemní vody. Zásadním rekultivačním zásahem je proto přehrazování odvodňovacích kanálků, které zajistí udržení vysoké hladiny podzemní vody. Vlivem zaplavení rašeliny dochází k ústupu nepůvodních druhů. S tím souvisí i změna půdních vlastností. Vlivem opětovného zvýšení hladiny podzemní vody dochází znovu k anoxickým podmínkám, které na rašeliništi panovaly před odvodněním. Zastaví se proces rozkládání rašeliny, zastaví se některé mikrobiální procesy apod. (viz kapitola 3.4.1. o půdních vlastnostech). Původní rostliny se následně začnou pomalu šířit na revitalizovaném rašeliništi, a to nejdříve v okolí odvodňovacích kanálů, kde je nejvíce vody, pak kolonizace pokračuje do dalších částí rašeliniště. Na holé rašelině jsou časté vysoké

výkyvy teplotních a vlhkostních podmínek, což je pro klíčení rostlin nepříznivé (Campbel & Rochefort, 2003). Pro obnovu svrchní vrstvy rašeliny se nejlépe hodí rašeliníky, kteří se na holé rašelině samovolně téměř nedokáží šířit, ale po jejich dosazení na rašelině se poměrně rychle rozšiřují (Vlková, 2013). Rašeliníky je možné odebrat z jiných rašeliníšť nebo z okrajových částí původního rašeliníště. Podle předchozích výzkumných prací bylo zjištěno, že reintrodukce vyšších rostlin byla příliš náročná a pracná a pro výskyt dalších rašeliníštních rostlin je důležitý především rašeliník, který utváří příznivé mikroklima pro jejich růst. Rašeliníky svým růstem připravují povrch rašeliníště například udržováním vlhkosti. Proto se pro obnovu rostlinného krytu velice často vybírá právě rašeliník. Rašeliník je schopný tolerovat i velmi nízké pH, ale jeho spontánní regenerace na obnažené půdě rašeliníště je však velice malá a je potřeba mu v šíření dopomoci (Janák, 2017). Je lepší vysazovat více druhů rašeliníků najednou (Quinty & Rochefort, 2003). Nápomocnou rostlinou k rašeliníku je ploník tuhý (*Polytrichum strictum*). Ten je průkopnickou rostlinou a často se dokáže samostatně vyskytovat na holé rašelině po disturbanci. Osvědčil se pro vyplnění erozních děr proti mrazu a celkově zlepšuje mikroklima a stabilitu povrchu rašeliny pro rašeliník. Ploník společně s mulčováním (viz kapitola 3.6.) omezují velké teplotní změny na povrchu půdy. Snižují rychlost zamrzání i tání půdy a tím předcházejí vzniku erozních rýh na povrchu rašeliny (Rochefort & Lode, 1970). Na základě provedených experimentů (Groeneveld et. al, 2007) bylo dokázáno, že porosty ploníků byly schopny udržovat úlomky rašeliníků ve vlhku a snižovat teplotu okolní rašeliny, dále jsou schopny lépe zadržovat i semena vyšších rostlin, která mají díky nim lepší šanci na uchycení. Růst rašeliníků podporuje také ostřice zobánkatá (*Carex rostrata*), suchopýr úzkolistý (*Eriophorum angustifolium*) a suchopýr pochvatý (*Eriophorum vaginatum*). Tyto druhy svým opadem zlepšují okolní mikroklima (Campbell & Rochefort, 2003). Nejvíce se šíří suchopýr pochvatý (*Eriophorum vaginatum*), suchopýr úzkolistý (*Eriophorum angustifolium*), sítina rozkladitá (*Juncus effusus*), bezkolenec modrý (*Molinia caerulea*) a v malé míře také třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*). V místech trvalého zavodnění pak ostřice zobánkatá (*Carex rostrata*) a rašeliník, k nim se později přidávají druhy jako je vlohyně bahenní (*Vaccinium uliginosum*), mochna nátržník (*Potentilla erecta*), brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*) a brusnice brusinka (*Vaccinium vitis-idaea*). Z dřevin jsou nejvíce zastoupeny: bříza pýřitá (*Betula pubescens*), borovice lesní (*Pinus silvestris*), méně smrk ztepilý (*Picea abies*). Růst stromů je zpomalen vysokou hladinou podzemní vody (Horn, 2009). Například původní borovice blatka (*Pinus rostrata*) se šíří velice pomalu kvůli malé konkurenční schopnosti, to samé klikva bahenní (*Vaccinium oxycoccos*) a kyhanka sivolistá (*Andromeda polifolia*), obě potřebují stále rašeliníkové koberce (Spitzer,

2008). Na nově zavodněných plochách se jezírka pomalu zazemňují a vznikají rašelinné ostrůvky s ostřicemi a rašeliníky a bezkolencem modrým (*Molinia caerulea*) (Spitzer, 2008). Podle studie (Zýval et. al, 2020) se po prvních pokusných revitalizacích obnovuje a rozšiřuje okrajová vegetace, jako jsou smrčiny a porosty borovic. Lanta et. al (2004) zjistili, že těsně po revitalizaci se nejlépe daří cévnatým rostlinám, jako je suchopýr úzkolistý (*Eriophorum angustifolium*), který je jedním z prvních kolonizátorů holé rašeliny s dostatkem vody. Opad suchopýru úzkolistého (*Eriophorum angustifolium*) také zlepšuje mikroklima a dostupnost živin.

3.6. Podpora šíření původních druhů vegetace

Vytěžené rašelině není samovolně schopno obnovy původních rostlinných druhů. Za prvé je kvůli zvýšenému obsahu živin kolonizováno nepůvodními druhy rostlin a za druhé semena zbylých původních rostlin se větrem špatně přenášejí. Větre se dobře rozšiřují pouze některé druhy vřesovcovitých, bříza, smrk a ploník. Největší problém bývá většinou při klíčení a růstu původních rostlin (Wieder et. al, 2006). Rašelina těsně po revitalizaci může mít ještě snížené pH nebo nízkou vlhkost, což je pro většinu původních druhů nepříznivé. Pokud chceme na holé rašelině, která již byla znovu zavodněna, urychlit tvorbu nového rostlinného krytu, provádí se umělé vysazování původních rostlin. Důležitá je přítomnost rašeliníku, který má klíčové vlastnosti pro udržení vlhkosti v půdě a zároveň pro akumulaci rašeliny (Wieder et. al, 2006). Pro úspěšnou revitalizaci je složení rostlinného krytu zásadní. Rašeliníky je možné pro umělé dosazování přenášet z vlhčích částí rašeliníšť, kde ještě nějaké zůstaly, dovážet z blízkých rašeliníšť nebo z farem, kde se rašeliníky pěstují (Rochefort et. al, 2002). Kousky nebo trsy rašeliníků se pak rozprostřou po rašelině, kde se uchytí a začnou se rozšiřovat. Rašeliníky je možné umisťovat i do míst s nižším pH, protože tyto extrémní podmínky dokáže zvládnout. Ukázalo se, že lepší je rašeliníky vysazovat na podzim nebo na jaře, protože v létě je rašelina příliš vysušována slunečním zářením a v zimě větrem. Zvláště v letním období se tmavý povrch rašelině velice snadno přehřívá (Rochefort et. al, 2002). Přehřívání rašeliny se dá zamezit použitím mulče. Mulč se umisťuje na povrch rašeliny tak, aby chránil nově vysazené mechorosty před nepříznivými podmínkami. Mulč poskytuje ochranu diasporám mechorostů i vyšších rostlin před vysycháním, výkyvy teplot a před přímým slunečním zářením. Použitím mulče tedy bude rašelině rychleji kolonizováno reintrodukovanými druhy. Mulč má velkou výhodu oproti ostatním metodám ochrany diaspor rostlin v tom, že se cca do dvou let v rašelině rozloží. To může být ale i nevýhodou, protože do dvou let se

nemusí rostliny dobře uchytit, pro tento případ se spolu s mulčováním vysazuje na rašeliniště s vybranými rostlinami i ploník tuhý (*Polytrichum strictum*), který zastává funkci průkopnické rostliny a je schopen se usadit dříve, než se mulč rozloží (Groeneveld et. al, 2007). Kombinace mulče a ploníku tuhého (*Polytrichum strictum*) byla shledána zatím nejlepší metodou. Často se používá mulč z ošticových luk nejen pro snížení výparu, ale i vnesení semen vhodných druhů rostlin (Spitzer, 2008). Dále je možné použít mulč ze slámy nebo dřevitých zbytků. Mulč nesmí být příliš hustě navrstven, aby skrz něj mohlo procházet světlo a nově rostoucí rostliny (Wieder et. al, 2006). Optimální je aplikace 3000 kg mulče na hektar, což je zhruba 18 - 20 klasických balíků slámy/sena (Quinty & Rochefort, 2003). Na mulčovaných plochách se rychleji rozšiřují i suchopýr pochvatý (*Eriophorum vaginatum*) a bezkolenec modrý (*Molinia caerulea*) (Horn, 2009). Mikroklima pro růst rašelíníku lze zlepšit také vysazením doprovodných druhů, což jsou například vřesy nebo suchopýr. Ty ale není dobré vysazovat ve velkém počtu, jelikož se rychle množí a mohly by rašelíník naopak potlačit. Pro usazení a růst rašelíníku je také důležitá ustálená hladina podzemní vody (Wieder et. al, 2006). Mulčování je účinné pouze tehdy, pokud jsou plochy předtím zabezpečeny proti erozi, jinak jsou rostliny odplavovány silnějšími srážkami (Horn, 2009). Proti erozi lze na rašeliniště umístit například kmeny stromů (Horn, 2009). Dalším zásahem podporujícím obnovu původní vegetace je odstranění náletových dřevin (Zýval et. al, 2020). Po nastartování přirozené obnovy je rašeliniště ponecháno vlastnímu vývoji.

3.7. Závěry

Z literární rešerše vyplývá, že vlivem odvodnění se zvyšuje objemová hmotnost rašeliny, a naopak se snižuje její vlhkost. Póry v rozložené rašelině po odvodnění jsou menší a není zde dostatek vzduchu ani vody dostupné pro rostliny. Také pH rašeliny se sníží, což zvýší rozpustnost některých kovů jako je hliník, železo nebo mangan a dochází k jejich toxickému působení. Působením nízkého pH se také zpomalují mikrobiální procesy jako je metanogeneze nebo nitrifikace. Důležitý je i obsah pro rostliny dostupných živin jako je například dusík nebo fosfor. Po odvodnění dochází k rozkladu půdní organické hmoty a tím k uvolňování fosforu a dusíku do půdy, což způsobuje přesycení rašeliniště živinami. Díky zvýšenému obsahu živin se na odvodněném rašeliništi rychleji šíří nepůvodní druhy. Současně však může docházet k vyplavování živin z rašeliniště a tím k jejich ztrátě.

Po revitalizaci vodního režimu se mění koncentrace a dostupnost některých živin, hodnota pH a vlhkost. V prvních letech po revitalizaci vodního režimu může docházet k mobilizaci/vyplavování živin jako je fosfor nebo dusík, ale u vrchovišť k tomu dochází v menší míře než u slatinišť. Hodnota pH se většinou krátce po revitalizaci příliš nemění, ale postupně se vlivem zvýšení hladiny podzemní vody zvyšuje a vrací se tak k původním hodnotám. Vlhkost rašeliny/půdy se po zvýšení a ustálení hladiny podzemní vody zvýší na původní hodnoty. Pokud je rašeliniště nejen odvodněno, ale i vytěženo povrch rašeliny bez vegetačního pokryvu si vlhkost nedokáže udržet a svrchní vrstva je vysušená.

Nejdůležitějším parametrem pro šíření původní vegetace na odvodněném rašeliništi po revitalizaci je stabilizovaná hladina podzemní vody. Původní rašeliništní rostliny mají větší šanci opětovného šíření na rašeliništích pouze odvodněných nebo těžených do menší hloubky. Zde je nutno zvážit, zda je rašeliniště natolik poškozeno, že vyžaduje péči formou managementových zásahů. Na méně poškozených rašeliništích, kde je dostatek původních rostlin, lze rašeliniště ponechat samovolné sukcesi. Po revitalizaci vodního režimu vlivem zvýšení hladiny podzemní vody zahynou případné nepůvodní rostliny a vytvoří se příznivější podmínky pro rostliny původní. Záleží také na době, po kterou byla rašeliniště ponechána po odvodnění a případně těžbě bez jakýchkoli zásahů. Opuštěná odvodněná rašeliniště postupně zarůstají nepůvodními druhy rostlin, keřů nebo stromů. Již vzrostlé stromy a keře by měly být před reintrodukcí původních druhů odstraněny. Menší roztroušené stromky a keře mohou být ponechány a po zavodnění samy vlivem nedostatku vzduchu v půdě odumřou.

Na intenzivně těžených rašeliništích, kde byla většina rašeliny vytěžena (někdy až na minerální horizont) se původní rostliny uchycují velmi špatně a je nutné jejich klíčení, růst a následné šíření podpořit. Pro opětovné uchycení rostlin je nejdůležitější svrchní vrstva rašeliniště. V rámci revitalizace se povrch rašeliniště rozruší a poruší se tak případná krusta vytvořená na povrchu rašeliny, která by mohla bránit uchycení rostlin. Svrchní vrstva po revitalizaci vodního režimu postupně zvyšuje velikost svých pórů, snižuje se její zhutnění a rašelina nakonec získá zpět schopnost zadržovat vodu. K obnovení vegetačního krytu se nejčastěji používá rašeliník, který by se sám rozšiřoval velice těžko a také protože je zásadní pro utváření rašeliny. K rašeliníku se také přidává ploník tuhý (*Polytrichum strictum*), který je průkopnickou rostlinou, a osvědčil se pro vyplnění erozních děr proti mrazu. Ploník společně s mulčováním omezují velké teplotní změny na povrchu půdy a tím umožňují lepší podmínky pro uchycení rostlin.

4. Projekt

Název projektu:

Podpora šíření původních rostlinných druhů na vytěženém rašeliništi po revitalizaci jeho vodního režimu

4.1. Cíle projektu

- 1) Zjistit jaké jsou limitace šíření původních vybraných rostlinných druhů na těženém rašeliništi po revitalizaci jeho vodního režimu
- 2) Navrhnout opatření, která podpoří šíření původních rostlinných druhů na vytěženém rašeliništi Vlčí jámy

4.2. Hypotézy

- 1) Hlavní půdní parametry, které limitují šíření původních druhů rostlin jsou vlhkost, pH a fyzikální vlastnosti povrchu rašeliny.
- 2) Původní rašeliništní rostliny se lépe uchycují a šíří, jsou-li podporovány managementovými zásahy (mulčování a dosazování).
- 3) Pokud se na rašeliništi nenachází původní druhy rostlin ani jejich diaspory, jejich šíření výrazně urychlí dosazování těchto rostlin.

4.3. Návrh experimentu

Projekt se bude věnovat podpoře šíření původních rašeliništních rostlin zejména dosazováním mechorostů a mulčováním. Experiment bude prováděn na průmyslově těženém rašeliništi Vlčí Jámy (viz kapitola 4.4.1.). Rašeliniště v roce 2021 prošlo revitalizací vodního režimu. Byly zahrazeny a zasypány odtokové kanály a vytvořeny tůňe, které by měly zvýšit šanci na uchycení a rozšíření více druhů rostlin s různými nároky na stanoviště, a tak přispět k biologické rozmanitosti rašeliniště. Před zahájením dosazování původních rostlin a mulčování musí být plocha zaplavena na cílovou hladinu podzemní vody, protierozně opatřena a zbavena

náletů. V rámci projektu bude na některých místech (souvislé holé plochy) rozrušen povrch rašeliniště a bude navrhnut plán podpory šíření rašeliništních rostlin. Součástí projektu budou odběry rašeliny a její chemická analýza. Na základě získaných podkladových dat bude vytvořen plán obnovy vegetačního krytu. Na rašeliniště budou dosazovány především rašeliničky, které jsou zásadní při utváření mikroklimatu pro růst dalších původních rostlin rašeliniště. Na lokalitě Vlčí Jámy bude pro dobré uchycení vegetativních částí rostlin a spor použit mulč. Mulč bude chránit rostliny na vytěženém rašeliništi před vysycháním a přímým slunečním zářením.

4.4. Popis stanoviště

4.4.1. Vlčí Jámy

Vlčí Jámy bylo průmyslově těžené rašeliniště, kde se rašelina těžila až do roku 2014 (Placková, 2020). Nachází se u obce Vlčí Jámy v CHKO Šumava. V rámci projektu LIFE for MIREs se plocha zrevitalizovala v roce 2021. Vlčí jámy jsou jediným průmyslově těženým rašeliništěm zahrnutým do projektu LIFE for MIREs. Jeho rozloha je 46 ha, z toho na 19 ha byla prováděna těžba (LIFE for MIREs, 2021).

Na části rašeliniště je obnažená odvodněná rašelina, na které dochází k pozvolné regeneraci vegetačního pokryvu. Na souvislé obnažené ploše se vegetace uchycuje velmi pomalu. Dochází zde především k zarůstání dřevinami (břízy). Náletové dřeviny se uchycují především v okrajových částech a podél odvodňovacích kanálů, kde je největší vlhkost. Odvodňovací kanály byly vybudovány na ploše rašeliniště v husté síti, dohromady bylo kanálů téměř 12 km (LIFE for MIREs, 2021). Původní vegetace se nachází jen v malé míře pouze v zamokřených prohlubních. V menší části, kde neprobíhala těžba, je rašeliniště porostlé borovicemi, smrky a břízami. Jen na malé ploše se zachoval porost s vyšším podílem borovice blatky a zachovalým bylinným patrem s klikvou bahenní, suchopýrem pochvatým a vlochyňí bahenní.



Obr. 1 Letecký snímek rašeliniště Vlčí Jámy z roku 2020.
(<https://mapy.cz/zakladni?x=13.7828904&y=48.9193790&z=16&base=ophoto>)



Obr. 2 Rašeliniště Vlčí Jámy před revitalizací v roce 2019. Na fotce je vidět zbytková vegetace, například zde trsy sítiny. (foto: Tomáš Pícek)



Obr. 3 Rašeliniště Vlčí Jámy po revitalizaci vodního režimu v roce 2021, kdy zde byly vytvořeny tůně. (foto: Kateřina Kučerová)

4.5. Provedení experimentů

Nejprve bude nutné zjistit stav lokality po její revitalizaci, jako je výška hladiny podzemní vody, vlhkost rašeliny, přítomnost vegetace, prostorová heterogenita terénu (terénní nerovnosti), vybrané charakteristiky půdy, stav povrchu rašeliny (vyschlá povrchová vrstva, kterou bude potřeba narušit). Bude provedena chemická analýza půdního profilu. Analýzu budou provádět a vyhodnocovat pracovníci Katedry biologie ekosystémů na Přírodovědecké fakultě Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích. Na základě stavu lokality po její revitalizaci, jako je výška hladiny podzemní vody, vlhkost rašeliny, přítomnost vegetace a půdních parametrů bude sestaven přesný plán obnovy vegetačního krytu.

Tab. 1 Půdní parametry naměřené v rámci projektu LIFE for MIREs na lokalitě Vlčí Jámy před revitalizací ve srovnání s průměrnými hodnotami naměřenými na několika nenarušených plochách stejného typu (vrchoviště).

Půdní data		
Parametr	Vlčí Jámy po odvodnění	Nenarušené rašeliniště
Celkový fosfor [mg/g]	0,32	0,38
Celkový dusík [%]	1,26	1,35
Objemová hmotnost [g·cm ⁻³]	0,17	0,09
pH	4,05	4,35
Vlhkost [%]	78,7	87,4

Podmínkou úspěšné reintrodukce druhů je dobré provedení předchozích revitalizačních zásahů. Kromě těch, které již byly na lokalitě provedeny, bude součástí projektu odstranění větších náletových dřevin a rozrušení povrchu rašeliniště tak, aby svrchní utvořená krusta nebránila uchycování rostlin. Dále zde budou vytvořeny mělké tůňky, ty mohou napomoci vyklíčit diasporám některých rostlin, které jsou zde uchovány. A v místech, kde je to potřeba, budou vytvořeny protierozní zábrany. Jelikož se jedná o vytěžené rašeliniště, obnovovaná plocha je na některých místech úplně bez vegetace. Dalším krokem k obnově vegetace tedy bude rozprostření úlomků mechorostů na obnaženou rašelinu, které budou přeneseny z vlhkých míst lokality nebo z jiného rašeliniště. Pro tento projekt byl vybrán rašeliník hnědý (*Sphagnum fuscum*), a rašeliník červený (*Sphagnum rubellum*). Jako nápomocná rostlina byl k rašeliníku dále vybrán ploník tuhý (*Polytrichum strictum*).

K reintrodukci je možné použít vegetativních i generativních částí rostlin. Na lokalitu Vlčí Jámy budou ručně rozprostřeny části a trsy mechorostů – rašeliníku hnědého (*Sphagnum fuscum*), rašeliníku červeného (*Sphagnum rubellum*) a ploníku tuhého (*Polytrichum strictum*). Mechorostry budou odebrány na blízkých rašeliništích stejného typu jako rašeliniště, na něž budou umístovány. Lokality odběru budou vybrány po domluvě s Národním parkem Šumava, tak aby nebyly poškozeny a nebylo žádným způsobem ovlivněno jejich fungování. Mechorostry budou ručně rozmístovány na vytyčené plochy rašeliniště a následně pokrývány mulčem (viz níže). Na holé rašelině se lépe uchycují menší části, které tak mají lepší kontakt s půdou. Proto bude část mechorostů rozdělena na malé úlomky. Větší části mechorostů nebo celé trsy budou umístovány do nejvlhčích míst, především k tůňkám a prohlubním. Množství

rostlinného materiálu pro reintrodukci se obecně uvádí jako poměr plochy místa sběru k ploše místa, které má být obnoveno. Navrhuje se poměr 1:10–1:15, tj. donorové místo je 10 až 15krát menší než plocha, která má být obnovena (Rochefort & Lode, 1970). Úlomky budou rozprostřeny tak, aby se nepřekrývaly a zároveň pokrývaly velkou část půdy. V úlomcích mechorostů se také mohou zachytit diaspory některých vyšších rostlin, které se pak také rozšíří na rašeliništi. Rašeliníky budou také přednostně umisťovány do míst, kde bylo zjištěno nižší pH než okolní, jelikož nízké pH lépe tolerují. Ploníky budou zase umisťovány především tam, kde je povrch náchylný k praskání.

Obnovovaná plocha rašeliniště bude rozdělena na 8 ploch. Plochy budou mít 10 x 10 metrů a budou vytyčeny kolíky. Na 4 plochy bude rozprostřen první typ mulče a na další 4 plochy druhý typ mulče z důvodů porovnání jejich účinnosti. První 4 plochy budou kryty mulčem z rašelinné louky (ze slatiniště) a druhé 4 plochy slámou. Sláma pro mulčování bude dovezena z nedaleké farmy. Druhý typ mulče bude posečen a dovezen ze slatiniště v blízkosti lokality Vlčí Jámy. Lokalita pro sečení bude vybrána po dohodě s Národním parkem Šumava tak, aby nedošlo k jejímu poškození a sečení bylo pro louku přínosné. Slatiniště se kvůli podpoře mechorostů musí alespoň jednou ročně kosit, což využijeme a posečená biomasa bude použita pro mulčování přehřívané rašeliny. Seč bude provedena ve stanoveném období, které bude vyhovovat managementu slatinišť a zároveň vysazování mechorostů. Výsadba rašeliníku by měla proběhnout v jarních měsících a seč slatinišť může proběhnout taktéž v jarním období, což je příznivé a obojí se dá provést ve stejnou dobu. Biomasa bude po seči ponechána cca 2 dny mírně proschnout, protože čerstvá biomasa by se na rašeliništi příliš rychle rozkládala a zbytečně by rašeliniště obohacovala o živiny. Poté bude biomasa shrabána a co nejdříve dopravena na rašeliniště. Na rašeliníkem osázené plochy na rašeliništi bude na polovinu ploch rozprostřen slaměný mulč a na druhou polovinu mulč ze slatiniště. Mulč bude na plochy rozprostřen v tenké vrstvě, tak aby jím mohlo procházet světlo, ale aby zároveň zakrýval rašelinu. Mulč bude rozprostírán na rašeliniště ručně v několika etapách, vždy budou nejdříve rozprostřeny úlomky mechorostů a poté mulč. Dále zde bude vytyčeny dvě kontrolní plochy (také 10 x 10 m), jedna z nich bude osázena rašeliníkem bez použití ochranného mulče a druhá bude ponechána bez zásahů. Pomocí těchto kontrolních ploch bude možné lépe ověřit účinnost managementových zásahů.

Po dokončení dosazování mechorostů a pokrývání mulčem bude rašeliniště ponecháno vlastnímu vývoji a bude další 2 roky pouze monitorováno. Na každé ploše budou pomocí kolíků vytyčeny plochy 1 x 1 metr pro fytocenologické snímkování vegetace. Tyto plochy

budou jednou za rok vyhodnocovány fytocenologickým snímkováním. Dále budou sledovány půdní vlastnosti – pH a výška hladiny podzemní vody. Hladina podzemní vody bude měřena cca 1 x za měsíc po dobu vegetační sezony. Na lokalitě budou umístěny PVC trubky pro její měření. Dvakrát měsíčně bude provedeno měření pH v trubkách nainstalovaných pro měření hladiny podzemní vody. pH bude měřeno přímo na lokalitě terénním pH metrem a bude měřeno na několika místech (prohlubně i vyvýšeniny) a na ploše fytocenologického snímku. Po dvou letech budou výsledky monitoringu vyhodnoceny a bude zhodnocena úspěšnost reintrodukce.

4.6. Časový plán

Tab. 2 Časový harmonogram činností v rámci projektu.

Časový harmonogram	2022		2023		2024		2025	
	I - VI	VII - XII	I - VI	VII - XII	I - VI	VII - XII	I - VI	VII - XII
půdní analýza								
rozrušení povrchu								
dosazování mechorosť								
mulčování								
měření hladiny podzemní vody								
měření pH								
fytoocenologické snímkování								
vyhodnocení reintrodukce								

Celková délka projektu činí 4 roky. V prvním roce bude na podzim provedena půdní analýza a její vyhodnocení. V druhém roce (2023) bude na začátku roku proveden první fytocenologický snímek před dosazováním a rozrušen povrch rašeliniště. Na jaře téhož roku bude následovat dosazování mechorostů a mulčování povrchu. Hladina spodní vody bude poté měřena jednou za měsíc po dobu celé vegetační sezony. pH bude měřeno dvakrát za měsíc také po dobu celé vegetační sezony. Ve třetím roce (2024) bude na jaře zhotoven první vegetační snímek vytyčených ploch po dosazování. Ve čtvrtém roce (2025) bude na jaře zhotoven druhý vegetační snímek po dosazování. Na konci roku 2025 budou vyhodnoceny výsledky a zhodnocena úspěšnost reintrodukce.

4.7. Finanční náklady projektu

Finanční náklady pokrývají především plat koordinátora projektu, který bude zaměstnán v prvních dvou letech na 50 % úvazek a zbylé dva roky na 25 % s hrubou měsíční mzdou

35 000 Kč. Povinné zákonné odvody tvoří 34 %, což je 214 200 Kč. Celková částka na plat koordinátora činí 630 000 Kč na celé 4 roky. Dále platby za jednorázové služby, jako je provedení půdní analýzy v rozsahu 6 000 Kč, rozrušování povrchu v rozsahu 6 000 Kč, sběr a manipulace s mechorosty v rozsahu 3 000 Kč, dosazování a mulčování v rozsahu 12 000 Kč, fytoocenologické snímkování v rozsahu 5 000 Kč a doprava mulče v rozsahu 1 000 Kč. Dohromady činí platby za služby 33 000 Kč. Dále bude pořízen drobný dlouhodobý majetek v hodnotě 6 450 Kč. Drobný dlouhodobý majetek obsahuje výrobu kolíků pro ohrazení ploch v hodnotě 300 Kč, přepravek na přenos mechorostů v hodnotě 1 500 Kč (10 x 150 Kč), nářadí pro rozrušení povrchu rašeliniště jako je rýč (2 x 350 Kč), lopata (2 x 300 Kč) a hrábě (2 x 200 Kč), terénní pH metr v hodnotě 3 000 Kč a metr pro měření hladiny podzemní vody v hodnotě 100 Kč. Z materiálu bude pořízena sláma pro mulčování v hodnotě 4 000 Kč (8 x 500 Kč). Cestovní náklady zahrnující cesty na lokalitu činí 12 000 Kč. Celková cena projektu činí 900 000 Kč.

Tab. 3 Finanční náklady projektu

Věcné náklady	Požadováno (v Kč)
Drobný dlouhodobý hmotný majetek (předměty, přístroje a zařízení do 40 tis. Kč)	6600
Drobný dlouhodobý nehmotný majetek (např. software do 60 tis. Kč)	0
Materiál	4000
Doplňkové (režijní) náklady	0
Služby	33000
Cestovní náklady	12 000
Mzdové náklady	
Mzdy	630000
Povinné zákonné odvody	214200
Ostatní osobní náklady – OON	0
Celkové náklady projektu	899800
Celkem v tisících	900000

4.8. Očekávané výstupy

Předpokládá se, že bude udržena stabilní hladina podzemní vody a vlivem mulčování bude rašelina udržována vlhká, zastíněna, chráněna proti výkyvům teplot a větrné erozi. Během

prvních let projektu se rašeliník a ploník budou šířit na mulčovaných plochách spíše na vlhčích místech, v prohlubních a místech, kde je hladina spodní vody blíže povrchu. Vytvořené disturbance povrchu poslouží pro lepší uchycení nejen rašeliníku, ale i dalších rašeliništních rostlin. Dále budou mít možnost se na rašeliništi uchycovat a rozrůstat další druhy, jako jsou ostrice a suchopýry. Plochy mulčované biomasou ze slatinišť budou mít větší šanci na obnovu rašeliništních rostlin ze semen obsažených v této biomase. Plochy mulčované klasickou slámou budou déle chráněny před výkyvy teplot a vysycháním, protože sláma se bude rozkládat pomaleji než biomasa ze slatiniště. Sledováním dvou odlišně mulčovaných ploch v čase bude možné rozhodnout, který z mulčů je účinnější. Na základě vyhodnocení monitoringu dvou ploch s dvěma druhy mulčů bude možné zvolit lepší management pro další rašeliniště obnovované s použitím metody mulčování. Díky navrhovanému managementu dojde k opětovnému výskytu a k urychlení šíření původní rašeliništní vegetace, což přispěje k rychlejšímu obnovení funkcí a biodiverzity rašeliniště, než kdyby bylo ponecháno samovolné obnově. Rozšíření původní rašeliništní vegetace přispěje k obnovení a zachování vzácného biotopu – rašeliniště.

5. Seznam použité literatury

- ANDRUS R. E. *Some aspects of Sphagnum ecology*. Canadian Journal of Botany 1986, ročník 1/2011
- BUFKOVÁ I., STÍBAL F., MIKULÁŠKOVÁ E. *Restoration of drained mires in the Šumava National Park, Czech Republic*. Restoration of Lakes, Streams, Floodplains, and Bogs in Europe. Wetlands: Ecology, Conservation and Management. 2010, 331–354, Springer Verlag.
- CAMPBELL D., ROCHERFORT L. *Germination and seedling growth of bog plants in relation to the recolonization of milled peatlands*. Plant Ecology, 2003, volume 169
- ČÍŽKOVÁ H., VLASÁKOVÁ L., KVĚT J. *Mokřady. Ekologie, ochrana a udržitelné využívání*, České Budějovice, Episteme: edice Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Natura. 2017, ISBN 978-80-7394-658-6
- GROENEVELD E., MASSÉ A., ROCHEFORT L. *Polytrichum strictum as a Nurse-Plant in Peatland Restoration*. Restoration Ecology. 2007, volume 15
- GROOTJANS A.P., JANSEN A.J.M., ŠEFFEROVÁ V. *Calcareous Mires of Slovakia: Landscape Setting, Management and Restoration Prospects*. KNVN Publishing, 2012, ISBN: 9789004277960
- GROSVERNIER P., MATHEY Y., BUTTLER A. *Microclimate and physical properties of peat: new clues to the understanding of bog restoration*. Restoration of temperate wetlands, 1995, 437-450, John Willey and Sons Ltd, Chichester.
- HÁJEK T., HÁJEK M. *Proč jsou rašeliniště kyselá? ŽIVA*, 2018, ročník 3/2018
- HOLDEN J. 2005: *Peatland hydrology and carbon release: why small-scale process matters*. January 2006, Philosophical Transactions of The Royal Society A Mathematical Physical and Engineering Sciences. volume 363
- HORN, P. *Ekologie rašelinišť na Šumavě*. České Budějovice, 2009. Disertační práce. Faculty of Science, University of South Bohemia. Vedoucí disertační práce: doc. RNDr. Petr Šmilauer Ph.D.
- JANÁK B. *Revitalizace vybrané lokality rašeliniště s ukončenou těžbou*. České Budějovice, 2017. Magisterská práce, zemědělská fakulta, Jihočeská Univerzita. Vedoucí magisterské práce: Ing. Jana Moravcová, Ph.D.

KUČEROVÁ A. a POKORNÝ P. *Trpaslík vítězí nad obrem - Nepříznivé podmínky umožňují rašeliništním rostlinám obstát v konkurenci*. Vesmír. 1999, ročník 8/1999

KUČEROVÁ A., REKTORIS L., ŠTECHOVÁ T., BASTL M. *Disturbances on a Wooded Raised Bog—How Windthrow, Bark Beetle and Fire Affect Vegetation and Soil Water Quality?* Folia Geobotanica. 2008. volume 43

LANTA V., DOLEŽAL J. *Vegetation patterns in a cut-away peatland in relation to abiotic and biotic factors: A case study from the Šumava Mts., Czech Republic*. Suoseura — Finnish Peatland Society. 2004, volume 55

LIFE FOR MIRES *Jak reagují rašeliniště na odvodnění*. 2021, [cit. 12. 1. 2022], dostupné z: <https://life.npsumava.cz/2021/06/17/jak-reaguji-raseliniste-na-odvodneni/>

PLACKOVÁ R. *Rašelina je zázrak, který se musíme naučit nepoužívat*. 2020, Ekolist. [cit. 1. 1. 2022], dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/priroda/raselina-je-zazrak-ktery-se-musime-naucit-nepouzivat>

QUINTY, F. and ROCHEFORT L. *Peatland Restoration Guide*, second edition. Canadian Sphagnum Peat Moss Association and New Brunswick Department of Natural Resources and Energy. Québec. Québec, Canada, 2003. ISBN 0-9733016-0-0

ROCHEFORT L., CAMPEAU S., BUGNON J. L. *Does prolonged flooding prevent or enhance regeneration and growth of Sphagnum?* Aquatic Botany. 2002, volume 74

ROCHEFORT L. and LODE E. *Restoration of Degraded Boreal Peatlands*. 1970. In book: *Boreal Peatland Ecosystems*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. ISBN: 978-3-540-31912-2

RYDIN H. & JEGLUM J. (2006): *The biology of peatlands*. Oxford. Oxford University Press. 2006. ISBN: 9780198528722

SPITZER K., BUFKOVÁ I. *Šumavská rašeliniště*. 1. vyd., Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava, Vimperk. 2008. ISBN: 80-254-2149-9

URBANOVÁ Z., PICEK T., BÁRTA J. *Effect of peat re-wetting on carbon and nutrient fluxes, greenhouse gas production and diversity of methanogenic archaeal community*. Ecological Engineering. 2010, volume 37

VLKOVÁ L. *Reintrodukce vybraných rašeliništních druhů na vytěžené rašeliniště Soumarský most*. České Budějovice, 2013. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí bakalářské práce: Prof. RNDr. Karel Prach, CSc.

WEIL R. R., BRADY N. C. *The Nature and Properties of Soils*. 13rd edition. Hoboken, New Jersey Prentice Hall PTR. 2002. ISBN-13:9780130167637

WIEDER, R.K., VITT, D.H. *Boreal peatland ecosystems*. Springer, Heidelberg. 2006. ISBN: 978-3-540-31912-2

ZAJAC E., ZARZICKY J. and RYCZEK M. *Substrate quality and spontaneous revegetation of extracted peatland: case study of an abandoned Polish mountain bog*. Mires and Peat, 2018, Volume 21

ZÝVAL V., LEDER F., BASTL M. & HORN P. *Soumarský most – projekt revitalizace rašeliniště*. 2020, NP Šumava, [cit. 25. 11. 2021] dostupné z: https://www.npsumava.cz/wp-content/uploads/2020/03/pr_pod-borkovou_plan-pece_2020-2029_def.pdf